

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle**  
Bureau international



**(43) Date de la publication internationale**  
4 août 2005 (04.08.2005)

**PCT**

**(10) Numéro de publication internationale**  
**WO 2005/071902 A1**

**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04L 12/56**

**(21) Numéro de la demande internationale :**  
PCT/FR2004/003157

**(22) Date de dépôt international :**  
8 décembre 2004 (08.12.2004)

**(25) Langue de dépôt :** français

**(26) Langue de publication :** français

**(30) Données relatives à la priorité :**  
0315470 26 décembre 2003 (26.12.2003) FR

**(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :**  
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray, F-75015 Paris (FR).

**(72) Inventeurs; et**

**(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :** PROUST, Christophe [FR/FR]; 13, rue Vauquelin, F-14000 Caen (FR). CANTENOT, Noël? [FR/FR]; 14, rue Pierre de Coubertin, F-91120 Palaiseau (FR).

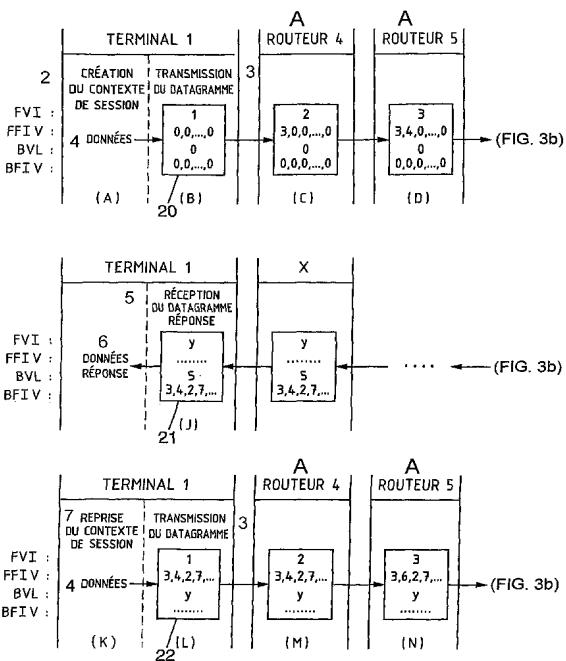
**(74) Mandataires :** LOISEL, Bertrand etc.; Cabinet Plasseraud, 65/67,rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

**(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

*[Suite sur la page suivante]*

**(54) Titre: MARKING OF A DATAGRAM TRANSMITTED OVER AN IP NETWORK AND TRANSMISSION OF ONE SUCH DATAGRAM**

**(54) Titre : MARQUAGE D'UN DATAGRAMME TRANSMIS DANS UN RESEAU IP ET TRANSMISSION D'UN TEL DATAGRAMME**



A ROUTER  
2 CREATION OF SESSION CONTEXT  
3 TRANSMISSION OF DATAGRAM  
4 DATA  
5 RECEPTION OF RESPONSE DATAGRAM  
6 RESPONSE DATA  
7 RESTART OF SESSION CONTEXT

**(57) Abstract:** The invention relates to a method of marking a datagram (20-22) that is transmitted over an IP-type communication network by routers (4, 5), comprising the inclusion of references in the fields of the datagram (FFIV). According to the invention, when a datagram (20, 22) is received by a router (5), the router reads a reference entered in the datagram and searches for said reference in a reference table stored inside the router. If the read reference is not contained in the reference table, the router selects a new reference from the table. The references can correspond to routes between the router and a datagram receiving terminal. The selection of a route reference can take account of a charge rate value assigned to said route.

**(57) Abrégé :** Un procédé de marquage d'un datagramme (20-22) transmis dans un réseau de communication de type IP par des routeurs (4, 5) comprend l'inscription de références dans des champs du datagramme (FFIV). Lors de la réception d'un datagramme (20, 22) par un routeur (5), le routeur lit une référence inscrite dans le datagramme et recherche la référence lue dans une table de références enregistrée au sein du routeur. Si la table de références ne contient pas la référence lue, le routeur sélectionne une nouvelle référence dans la table. Les références peuvent correspondre à des routes entre ledit routeur et un terminal destinataire du datagramme. La sélection d'une référence de route peut prendre en compte une valeur de taux de charge affectée à ladite route.

**WO 2005/071902 A1**



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

**Publiée :**

— *avec rapport de recherche internationale*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## MARQUAGE D'UN DATAGRAMME TRANSMIS DANS UN RESEAU IP ET TRANSMISSION D'UN TEL DATAGRAMME

La présente invention concerne un procédé de marquage d'un datagramme transmis dans un réseau de communication de type IP («Internet Protocol»). Elle concerne aussi un procédé de transmission qui peut utiliser un marquage d'un datagramme ainsi effectué.

L'identification du chemin suivi par un datagramme dans un réseau de communication revêt un enjeu important pour plusieurs aspects. Ceci concerne, en particulier, certains services destinés à assurer des garanties de qualité de transmission. A titre d'exemple, il est préférable que des datagrammes successifs d'un même flux suivent un même chemin dans le réseau, afin d'éviter que l'ordre d'arrivée des datagrammes au terminal destinataire soit différent de l'ordre d'envoi des mêmes datagrammes par le terminal émetteur.

Un procédé de transmission existe, selon lequel le chemin suivi par un datagramme dans le réseau est inscrit dans le datagramme par le terminal émetteur du datagramme. Ce procédé est connu sous l'appellation de «source routing». Un inconvénient de ce procédé provient du fait que les terminaux n'ont pas connaissance de la topologie du réseau, c'est-à-dire qu'ils ne connaissent pas les liens disponibles ou indisponibles du réseau. Le chemin inscrit dans le datagramme est définitivement fixé au moment de l'émission du datagramme par le terminal émetteur, et aucune modification ultérieure du chemin n'est possible en fonction d'indisponibilités éventuelles de certains liens du réseau. Ce procédé de transmission ne permet donc pas d'activer des mécanismes adaptatifs de la fonction de routage dans les réseaux IP. En outre, l'utilisation du procédé «source routing» ne réduit pas le risque d'apparition de phénomènes de congestion dans le réseau, c'est-à-dire des situations selon lesquelles le nombre de datagrammes devant être acheminés par un lien déterminé du réseau atteint ou dépasse la capacité maximale de transmission de ce lien.

Par ailleurs, dans un réseau de type IPv4, le chemin inscrit dans un datagramme ne peut contenir plus de neuf routeurs, à cause de la taille du champ du datagramme dans lequel ce chemin est inscrit.

Enfin, le procédé «source routing» manque de sécurité, en ce sens que 5 l'adresse IP source de premiers datagrammes peut être usurpée pour franchir un système de contrôle d'accès basé sur cette adresse. Des seconds datagrammes émis en réponse aux premiers datagrammes en utilisant aussi le procédé «source routing» peuvent alors être détournés.

Selon un procédé connu d'identification du chemin suivi par un 10 datagramme dans un réseau, appelé «record routing», chaque routeur par lequel transite un datagramme inscrit son adresse IP dans ce datagramme, à la suite de l'adresse inscrite par le routeur précédent sur le chemin suivi par le datagramme. Une traçabilité du chemin suivi est ainsi obtenue, en lisant la suite d'adresses inscrites dans le datagramme. Ce procédé d'identification du 15 chemin suivi présente l'inconvénient de ne pas permettre d'orienter un datagramme au niveau d'un routeur en fonction d'une donnée externe à ce routeur au moment de la transmission du datagramme. En outre, de la même façon que pour le procédé «source routing», le nombre de routeurs du chemin suivi par un datagramme inscrit dans ce datagramme selon le procédé «record 20 routing» est limité à neuf routeurs.

Un but de la présente invention consiste à élaborer un marquage d'un datagramme transmis dans un réseau de communication, qui ne présente pas les inconvénients des procédés «source routing» et «record routing» indiqués ci-dessus.

25 L'invention propose un procédé de marquage d'un datagramme transmis dans un réseau de communication comprenant des routeurs connectés entre eux par des liens de transmission. Le datagramme est transmis à partir d'un terminal émetteur du datagramme raccordé à un premier routeur du réseau jusqu'à un terminal récepteur du datagramme raccordé à un 30 second routeur du réseau. Le datagramme comprend un vecteur formé de champs ordonnés contenant chacun une référence et un champ d'index de vecteur. Par ailleurs, chaque routeur du réseau dispose d'une table de

références. Le procédé de marquage comprend les étapes suivantes, lorsqu'un routeur reçoit le datagramme :

- lecture d'une valeur dans le champ d'index du datagramme,
- lecture de la référence contenue dans le champ du vecteur du datagramme désigné par la valeur d'index lue ;
- si la table du routeur ne contient pas la référence lue, inscription, dans le champ du vecteur du datagramme désigné par la valeur d'index lue, d'une référence sélectionnée dans la table du routeur ;
- inscription, dans le champ d'index du datagramme, d'une valeur égale à la valeur lue incrémentée d'une unité ; et
- transmission du datagramme à un routeur suivant du réseau.

Selon le procédé de l'invention, l'inscription d'une nouvelle référence dans le datagramme par un routeur n'est pas systématique. La référence lue, qui constitue une donnée externe au routeur lors de la transmission du datagramme, est privilégiée pour rester inscrite dans le datagramme. L'inscription par le routeur d'une nouvelle référence intervient lorsque la référence lue n'est pas contenue dans la table de références du routeur. Le routeur est alors autonome pour sélectionner, dans sa table de références, la nouvelle référence à inscrire dans le datagramme.

Lorsque le terminal récepteur reçoit le datagramme, les références inscrites dans les champs du vecteur du datagramme sont identiques chacune à une référence contenue dans la table de références d'un routeur ayant transmis ce datagramme. Plus précisément, la référence inscrite dans le  $n^{\text{ième}}$  champ du vecteur est contenue dans la table du  $n^{\text{ième}}$  routeur situé sur le chemin suivi par le datagramme dans le réseau,  $n$  étant une valeur prise par l'index de vecteur du datagramme lors de la transmission de celui-ci dans le réseau.

En fonction de la signification des références, diverses informations peuvent ainsi être recueillies lors de la réception du datagramme par le terminal récepteur. Lorsque chaque référence identifie une route le long de laquelle le datagramme a été transmis par un routeur, la connaissance de la

signification des références de la table de chaque routeur permet de reconstituer le chemin suivi par le datagramme dans le réseau.

Le procédé de marquage selon l'invention est sécuritaire, parce que la seule lecture dans le datagramme des références inscrites dans les champs du vecteur ne suffit pas pour obtenir une information significative. Il est indispensable de connaître en outre la signification des références pour chaque routeur. L'interception d'un datagramme sans posséder cette connaissance ne permet pas une exploitation des références inscrites dans ce datagramme.

Suivant le mode de mise en œuvre préféré d'un procédé de marquage selon l'invention, lorsque le datagramme appartient à un flux de datagrammes successivement transmis par le terminal émetteur au terminal récepteur, la référence lue par le routeur est identique à une référence inscrite par ce routeur lors de la transmission d'un datagramme antérieur dudit flux. Si le réseau présente un fonctionnement stable, c'est-à-dire qu'aucune panne ni congestion de certains liens du réseau ne survient, qui affecte un routeur par lequel a transité ledit datagramme antérieur, une même référence contenue dans la table d'un routeur par lequel transitent plusieurs datagrammes successifs du flux est alors associée à tous ces datagrammes. On obtient ainsi un marquage identique le long du chemin suivi par les datagrammes successifs du flux, auquel peut être attaché un traitement spécifique associé à ce flux.

L'invention concerne aussi un procédé de transmission d'un datagramme dans lequel sont inscrites des références de routes. Ces références peuvent avoir été inscrites préalablement dans le datagramme en utilisant un procédé de marquage tel que décrit ci-dessus, mais non nécessairement. Elles peuvent aussi avoir été inscrites dans le datagramme selon un autre procédé, tel que, par exemple, un procédé de type «source routing». Dans ce cas, une connaissance de la topologie du réseau par les terminaux est nécessaire, ainsi qu'une connaissance par les terminaux des tables de références des routeurs.

Pour la mise en œuvre du procédé de transmission, un routeur du réseau dispose d'une table de références associées à des routes respectives entre ce routeur et un terminal destinataire du datagramme raccordé au

réseau. De préférence, la table de références est associée à un préfixe de destination unique contenu dans une table de routage du routeur. Le procédé de transmission du datagramme comprend alors les étapes suivantes :

- lors de la réception du datagramme par le routeur, lecture d'une 5 référence dans le datagramme ; et
- recherche de la référence lue dans la table de références du routeur,
  - . si la table contient la référence lue, transmission du datagramme le long de la route à laquelle la référence lue est associée,
  - . sinon, sélection d'une référence dans la table, et transmission du 10 datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence sélectionnée.

Un procédé de transmission selon l'invention est mis en œuvre au niveau de la couche de protocole IP. Un premier avantage d'un tel procédé de transmission réside dans le fait qu'il ne requiert qu'une adaptation de la couche 15 IP, sans modification des autres couches de protocoles mises en œuvre dans les routeurs. Un réseau de communication existant peut donc être facilement adapté pour la mise en œuvre d'un tel procédé de transmission.

Un second avantage d'un procédé de transmission selon l'invention provient du fait qu'il permet une qualification initiale du chemin suivi par un 20 datagramme dans le réseau. En effet, la transmission d'un datagramme par un routeur prend en compte prioritairement une référence de route lue dans ce datagramme. Ainsi, des datagrammes successifs d'un même flux, transmis par un terminal émetteur donné à destination d'un terminal récepteur donné, sont 25 transmis dans le réseau le long de routes identiques, si ces datagrammes contiennent, lors de leur transmission par le terminal émetteur, des mêmes références, et si le réseau présente un fonctionnement stable.

Cependant, lorsque la table de références d'un routeur ne contient pas la référence lue dans un datagramme, ce routeur sélectionne une route parmi des routes possibles pour transmettre le datagramme. Le procédé de 30 transmission de l'invention est donc conforme au mode de fonctionnement principal d'un réseau IP, par transmissions élémentaires indépendantes, désigné par «hop by hop» en anglais.

- 6 -

De façon préférée, la référence sélectionnée dans la table de références du routeur est en outre inscrite dans le datagramme en utilisant un procédé de marquage tel que décrit précédemment.

Lorsque des procédés de marquage et de transmission selon 5 l'invention sont simultanément mis en œuvre au sein d'un réseau IP, outre les fonctions de transmission des datagrammes et de connaissance de la topologie du réseau, les routeurs peuvent modifier les références de routes inscrites dans les datagrammes. Des références initiales peuvent être inscrites dans les datagrammes par les terminaux, sans connaissance de la topologie 10 du réseau. A cette fin, les terminaux peuvent stocker des références lues dans un datagramme reçu, afin d'utiliser ces références lues comme références initiales pour un datagramme émis.

Selon le mode de mise en œuvre préféré d'un procédé de transmission selon l'invention, la table de références du routeur comprend en outre, pour 15 chaque référence de ladite table, une valeur de taux de charge affectée à la route à laquelle ladite référence est associée. Le taux de charge d'une route caractérise la quantité de trafic acheminée le long de cette route. Lors de la transmission d'un datagramme par un routeur, si la table de références du routeur ne contient pas la référence lue dans le datagramme, la référence 20 sélectionnée peut correspondre à une valeur de taux de charge minimale parmi les routes auxquelles sont associées des références contenues dans ladite table de références.

Un tel procédé de transmission prend donc en compte le taux de charge des différentes routes calculées. Ceci permet d'éviter que des 25 congestions ne se produisent sur des liens de transmission particuliers du réseau, ou tout au moins réduit le risque de survenance de congestion.

Il en résulte une plus grande stabilité du fonctionnement du réseau : aucune oscillation de charge n'est observée, entre des parties différentes du réseau. En effet, un tel procédé de transmission tend à répartir et à maintenir 30 les flux de datagrammes d'une façon équilibrée dans le réseau selon la disponibilité des ressources.

L'invention concerne encore un terminal adapté pour mettre en œuvre

un procédé de marquage tel que décrit en premier lieu. Un tel terminal comprend :

- des moyens de production d'un datagramme destiné à être émis par le terminal, le datagramme comprenant un vecteur de champs ordonnés et un champ d'index de vecteur ;
- des moyens d'inscription d'une référence initiale dans chaque champ du vecteur du datagramme destiné à être émis par le terminal ; et
- des moyens d'inscription d'une valeur initiale dans le champ d'index du datagramme destiné à être émis par le terminal.

10 De façon préférée, le terminal comprend en outre :

- des moyens de lecture de secondes références dans des champs d'un vecteur supplémentaire contenus dans un datagramme reçu par le terminal ; et
- des moyens de stockage, dans une table de contextes de sessions de communication dudit terminal, des secondes références avec des données de contexte de session de communication du datagramme reçu,

20 de telle sorte que la référence initiale inscrite dans chaque champ du vecteur du datagramme destiné à être émis par le terminal est une dite seconde référence lue dans un champ du vecteur supplémentaire du datagramme reçu, lorsque le datagramme destiné à être émis appartient à la session de communication du datagramme reçu. Ainsi, des références de routes déterminées préalablement peuvent être reprises pour le datagramme destiné à être émis.

25 Les moyens de production du datagramme destiné à être émis peuvent être adaptés de sorte que le datagramme destiné à être émis comprend en outre un vecteur supplémentaire de champs. Le terminal comprend alors en outre :

- des moyens de lecture de premières références dans des champs d'un vecteur contenus dans le datagramme reçu ;
- des moyens de stockage, dans la table de contextes de sessions de communication dudit terminal, desdites premières références avec les

données de contexte de session de communication du datagramme reçu ; et

5 - des moyens d'inscription desdites premières références dans les champs du vecteur supplémentaire du datagramme destiné à être émis par le terminal, lorsque le datagramme destiné à être émis appartient à la session de communication du datagramme reçu.

Ainsi, lorsque deux tels terminaux émettent et reçoivent chacun des datagrammes d'un flux-aller ou d'un flux-retour relevant d'une même session de communication, des références initiales peuvent être inscrites dans un 10 datagramme du flux-aller par le terminal émetteur de ce datagramme, qui sont respectivement identiques à des références contenues dans des champs dudit vecteur supplémentaire d'un datagramme du flux-retour. En appliquant ce mécanisme aux deux terminaux émetteur et récepteur d'un datagramme, il résulte que la référence lue par un routeur dans ce datagramme est identique à 15 une référence inscrite par ce routeur lors de la transmission d'un datagramme antérieur de ce flux.

L'invention concerne en outre un routeur adapté pour mettre en œuvre un procédé de transmission tel que décrit en second lieu. Un tel routeur comprend :

20 - des moyens de lecture d'une valeur dans un champ d'index de vecteur d'un datagramme reçu par le routeur ;  
- des moyens de lecture d'une référence contenue dans un champ de vecteur dudit datagramme désigné par la valeur d'index lue ;  
- des moyens de stockage d'une table de références ;  
25 - des moyens d'association des références contenues dans la table avec des routes respectives ;  
- des moyens de recherche d'une référence lue, dans la table de références dudit routeur, agencés pour commander une transmission dudit datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence lue, si la table de références contient la référence lue ;  
30 - des moyens de sélection d'une référence dans la table de références, agencés pour être activés si la table de références ne contient pas la référence lue, et agencés pour commander une transmission dudit

datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence sélectionnée ; et

- des moyens d'inscription, dans le champ d'index dudit datagramme, d'une valeur égale à la valeur lue incrémentée d'une unité.

5 Selon un mode de réalisation avantageux d'un tel routeur, les moyens d'association sont compris dans des moyens de calcul d'une table de routage de ce routeur. En outre, les moyens de calcul appartiennent à une unité de contrôle du routeur.

10 Le routeur peut être adapté pour mettre en œuvre simultanément un procédé de marquage d'un datagramme transitant par ce routeur, tel que décrit en premier lieu. Pour cela, il comprend en outre des moyens d'inscription de la référence sélectionnée dans le champ du vecteur du datagramme désigné par la valeur d'index lue.

15 Même si la combinaison au sein d'un même routeur des mises en œuvre des procédés de marquage et de transmission objets de l'invention est particulièrement avantageuse pour obtenir un fonctionnement efficace du réseau, le routeur peut comporter des moyens de mise en œuvre du procédé de transmission indépendamment de la présence, dans ce même routeur, de moyens de marquage de datagrammes. Et vice-versa. Pour un routeur qui 20 combine des mises en œuvre des deux procédés, certains des moyens cités ci-dessus pour chaque procédé peuvent être communs aux deux procédés.

L'invention concerne enfin un réseau de communication qui comprend un routeur tel que décrit ci-dessus.

25 D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'un d'exemple de mise en œuvre non limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente un réseau de communication dans lequel l'invention peut être mise en œuvre ;
- la figure 2 illustre la structure d'un en-tête de datagramme IP telle qu'utilisée pour une mise en œuvre de l'invention ;

- les figures 3a et 3b, destinées à être associées, illustrent différentes étapes d'une transmission selon l'invention de plusieurs datagrammes, au sein d'un réseau tel que représenté sur la figure 1 ;
- la figure 4 est un organigramme d'un procédé de transmission d'un datagramme selon l'invention.

5 Selon la figure 1, un réseau de communication par transmission de datagrammes 100, de type IP, comprend des routeurs 4-9 reliés entre eux par des liens de transmission. Ainsi une chaîne de routeurs forme une route dans le réseau 100, pour transmettre un datagramme.

10 Chaque routeur peut comprendre une unité d'acheminement (ou «forwarding unit», en anglais) qui transfère les datagrammes entre deux liens reliés à cette unité, et une unité de commande (ou «control unit») qui supervise l'activité de l'unité d'acheminement. Pour le routeur 5, l'unité d'acheminement et l'unité de commande sont respectivement référencées 5a et 5b.

15 Des terminaux sont connectés à certains des routeurs du réseau 100. Ces terminaux peuvent être de différents types, tels que, par exemple, des unités informatiques, des unités de communication mobiles, etc... Sur la figure 1, des unités informatiques 1 et 10 sont connectées aux routeurs 4 et 7, respectivement. Des données produites par le terminal 1 et destinées au 20 terminal 10 sont réparties par le terminal 1 dans des datagrammes IP. Ces datagrammes sont transmis par certains des routeurs du réseau 100 jusqu'au terminal 10. On considère dans la suite que le fonctionnement d'un réseau de type IP est connu. Dans ce cadre, sur la figure 1, chaque lien de transmission du réseau 100 est repéré par un préfixe DP, suivi d'identifiants de chacun des 25 routeurs ou terminaux connectés à ce lien.

30 Chaque datagramme IP possède un en-tête tel que représenté sur la figure 2, pour la version 4 du protocole IP (IPv4). L'en-tête comprend une partie d'en-tête de base BI présente dans tous les datagrammes, et une partie d'en-tête optionnelle BII. La partie d'en tête BI possède une longueur fixe de 20 octets. La partie d'en-tête BII peut avoir une longueur variable. Parmi les champs de la partie d'en-tête BI figurent le champ «SOURCE ADDRESS», dans lequel est indiquée l'adresse IP du terminal émetteur du datagramme, et

le champ «DESTINATION ADDRESS», dans lequel est indiquée l'adresse IP du terminal destinataire du datagramme. Parmi les autres champs figurent notamment :

- le champ «Type Of Service», ou TOS, dans lequel est spécifiée la façon 5 dont le datagramme doit être géré ;
- le champ «TOTAL LENGTH», dans lequel est spécifiée la longueur totale du datagramme ;
- le champ «ID» destiné à recevoir un numéro d'identification du datagramme, notamment en vue d'une éventuelle fragmentation du 10 datagramme ;
- le champ «TTL» ou «TIME TO LIVE», en anglais, dans lequel est indiquée une durée maximale d'existence du datagramme en cours d'acheminement dans le réseau ; et
- le champ «PROTOCOL», dans lequel est indiqué le protocole de haut 15 niveau auquel se réfèrent les données placées par le terminal émetteur dans le champ de données du datagramme (ou «payload», en anglais, et non représenté sur la figure 2).

La partie d'en-tête BII comprend un premier champ noté «OPT. TYPE», de 1 octet. Ce champ est destiné à recevoir une référence 20 construite selon une nomenclature connue de l'Homme du métier. Cette référence spécifie la présence, la classe et un numéro dédié d'option, qui permettent d'identifier la nature du contenu de la partie d'en-tête BII. A titre d'exemple, pour le mode de mise en œuvre de l'invention décrit ci-après, cette 25 référence peut être 10011001 en représentation binaire de l'octet. La longueur de la partie d'en-tête BII, exprimée en octets, est indiquée dans le champ «OPT. LENGTH» (de 1 octet). Pour la mise en œuvre de l'invention décrite ici, on utilise la longueur maximale possible pour la partie d'en-tête BII, à savoir 40 octets. Les 38 octets restant disponibles dans la partie d'en-tête BII sont 30 répartis en quatre champs disposés de la façon suivante :  
- un premier champ noté FVI, pour «Forward Vector Index» en anglais, de 1 octet, destiné à recevoir une valeur numérique d'index ;  
- un second champ noté BVL, pour «Backward Vector Length», aussi de 1 octet, destiné à recevoir une valeur de longueur de vecteur ;

- une première série ordonnée de 36 champs, notée FFIV, pour «Forward Flow Identifier Vector», de 18 octets au total. Les champs de cette première série, disposés les uns à la suite des autres, forment un premier vecteur et sont destinés à recevoir 36 premières références numériques, codées sur 4 bits chacune. Par souci de clarté, l'index et le premier vecteur sont respectivement désignés dans la suite par index FVI et vecteur FFIV. L'index FVI sert à repérer un champ dans le vecteur FFIV, par le numéro d'ordre de la position de ce champ dans le vecteur FFIV, compté à partir du début du vecteur. Ainsi, la valeur de l'index FVI varie entre 1 et 36.
- une seconde série ordonnée de champs, notée BFIV, pour «Backward Flow Identifier Vector», aussi de 18 octets au total. Cette seconde série de champs est organisée de la même façon que la première série de champs. Les champs BFIV forment un second vecteur et sont destinés à recevoir 36 secondes références numériques codées sur 4 bits chacune. Ce second vecteur, qui correspond au vecteur supplémentaire cité dans la description générale de l'invention, est désigné ci-après par vecteur BFIV.

Il est entendu que les positions des champs FVI et BVL, ainsi que celles des champs des vecteurs FFIV et BFIV représentées sur la figure 2 sont données à titre d'exemple. D'autres positions peuvent être choisies, pour obtenir des modes de mise en œuvre alternatifs de l'invention. De tels modes de mise en œuvre alternatifs sont aussi compris dans l'invention. Néanmoins, il est particulièrement avantageux, dans le cadre de la version IPv4 du protocole IP, de concevoir les champs FVI et BVL, ainsi que les champs des vecteurs FFIV et BFIV, de façon à exploiter la longueur maximale de la partie d'en-tête BII.

Il est aussi entendu que l'invention peut être mise en œuvre de façon équivalente dans le cadre de la version 6 du protocole IP (IPv6), en adaptant les champs FVI et BVL, ainsi que les champs des vecteurs FFIV et BFIV définis ci-dessus aux particularités de cette dernière version du protocole IP. Notamment, la version IPv6 permet d'adopter des longueurs de champs et de vecteurs supérieures, grâce à la possibilité de définir un en-tête d'option de

taille supérieure à 40 octets.

Chaque routeur du réseau 100 dispose d'une table de routage utilisée par l'unité d'acheminement de ce routeur pour transmettre les datagrammes reçus. Cette table de routage est désignée par table FIB, pour «Forwarding Information DataBase» en anglais. Le tableau 1 ci-dessous représente une partie d'une telle table de routage, établie à titre d'exemple pour le routeur 5 de la figure 1 :

Dest. Prefix	Next Hop	Interface	Encaps. L2
DP_1_4	DP_5_4 : 4	ATM1/0	xxx
DP_7_10	DP_5_6 : 6	Eth1/0	xxx
DP_7_8	DP_5_8 : 8	ATM2/0	xxx
DP_5_9	DP_5_9 : 9	FE1/0	xxx

Tableau 1

La table FIB doit être lue par lignes, chaque ligne correspondant à une route. A titre d'exemple, la deuxième ligne caractérise la direction à prendre, c'est-à-dire l'adresse IP du routeur suivant, soit DP\_5\_6 : 6, pour atteindre le préfixe de destination DP\_7\_10.

La première colonne de la table FIB, intitulée «Destination Prefix» en anglais, regroupe des préfixes de destination DP. A titre d'exemple, le préfixe de destination noté DP\_7\_10 correspond au sous-réseau d'interconnexions entre le routeur 7 et le terminal 10. La seconde colonne de la table FIB, intitulée «Next Hop», indique une adresse IP d'un routeur ou d'un terminal relié au routeur 5 par un lien de transmission unique, pour chaque préfixe de destination indiqué dans la première colonne. Les adresses IP sont construites de la façon connue, avec un préfixe DP suivi d'un identifiant du terminal ou du routeur.

Les colonnes «Interface» et «Encapsulation L2» donnent des informations utiles pour la transmission du datagramme, sans relation avec l'invention.

Lors de la réception d'un datagramme par un routeur, l'adresse IP du terminal destinataire de ce datagramme est lue dans le champ «DESTINATION ADDRESS» de la partie d'en-tête BI du datagramme. D'une façon connue, le préfixe de destination de l'adresse lue est isolé en utilisant un masque de réseau, et est identifié à l'un des préfixes de destination contenus dans la première colonne de la table FIB selon un principe de plus grande coïncidence, ou «longest match» en anglais.

Selon l'invention, la table FIB de chaque routeur est complétée de la façon suivante, illustrée par le tableau 2 ci-dessous. Le tableau 2 représente encore une partie de table FIB, établie à titre d'exemple pour le routeur 5 (voir figure 1) :

Dest. Prefix	Ref.	Next Hop	Interface	Encaps. L2	Load
DP_1_4	1	DP_5_4 : 4	xx	xxx	50%
DP_1_4	2	DP_5_6 : 6	xx	xxx	30%
DP_7_10	4	DP_5_6 : 6	xx	xxx	12%
DP_7_10	1	DP_5_8 : 8	xx	xxx	70%
DP_7_10	6	DP_5_9 : 9	xx	xxx	20%
DP_6_7	2	DP_5_8 : 8	xx	xxx	65%
DP_6_7	3	DP_5_6 : 6	xx	xxx	12%
DP_5_9	2	DP_5_9 : 9	xx	xxx	20%

Tableau 2

Par rapport à une table FIB conforme au tableau 1, une table FIB conforme au tableau 2 possède deux colonnes supplémentaires. La première colonne contient des références de routes, et est intitulée «Ref.». La seconde colonne, intitulée «Load», contient des valeurs de taux de charge.

Une table FIB conforme au tableau 1 indique une unique possibilité de transmission d'un datagramme par le routeur, pour chaque préfixe de destination. A la différence, une table FIB conforme au tableau 2 indique une

ou plusieurs possibilités de transmission d'un datagramme pour chaque préfixe de destination. Chaque possibilité correspond à une route différente entre le routeur concerné, c'est-à-dire le routeur 5 dans l'exemple considéré, et le terminal destinataire dont l'adresse IP est lue dans le datagramme. La colonne 5 «Ref.» associe à chacune de ces routes une référence numérique. Ces références distinguent les différentes routes prises en compte dans la table FIB, qui correspondent à un même préfixe de destination. Une même référence peut éventuellement être utilisée plusieurs fois dans la table FIB, pour désigner des routes correspondant à des préfixes de destination différents. Pour un 10 même préfixe de destination, les références associées aux routes prises en compte dans la table FIB n'ont qu'une fonction d'identification, et ne correspondent pas à un classement. Les références utilisées dépendent des modifications intervenues dans la table FIB lors de mises à jour successives de celle-ci, établies par l'unité de commande du routeur. La table de références 15 évoquée dans la description générale de l'invention est formée par l'ensemble des lignes de la table FIB qui correspondent à un préfixe de destination déterminé unique. Ainsi, dans l'exemple correspondant à la figure 1 et au tableau 2, la table de références considérée pour un datagramme dont le préfixe de destination est DP\_7\_10 comprend les troisième à cinquième lignes 20 de la table FIB, sans compter la ligne des noms des colonnes.

Pour chaque ligne de la table FIB, c'est à dire pour chaque route prise en compte, la colonne «Load» indique une valeur de taux de charge. Cette valeur est déterminée par l'unité de commande en fonction de données d'état du réseau. De telles données sont, par exemple, des valeurs de taux de charge de certains au moins des liens du réseau 100. La valeur indiquée dans la colonne «Load» pour chaque ligne de la table FIB peut être égale, par exemple, à la plus grande des valeurs de taux de charge de tous les liens le long de la route correspondant à cette ligne. Elle peut être exprimée de diverses façons, telles que, notamment, sous forme d'un pourcentage d'une 25 capacité maximale de transmission par cette route, ou bande passante.

On décrit maintenant en détail des transmissions de plusieurs datagrammes au sein du réseau 100 représenté sur la figure 1, en référence aux figures 3a et 3b. Les lettres A à O indiquées sur les figures 3a et 3b

repèrent différentes étapes de ces transmissions.

Lorsque des données sont produites par le terminal 1 à destination du terminal 10, le terminal 1 répartit ces données dans des datagrammes successifs. Le procédé de création des datagrammes est considéré connu. En 5 particulier, le terminal 1 crée un contexte de session de communication (étape A de la figure 3a). Ce contexte de session de communication regroupe notamment les données suivantes : les adresses IP respectives des terminaux 1 et 10, un numéro de protocole de transport (par exemple les protocoles TCP ou UDP) et des numéros de ports source et destination. Les données du 10 contexte de session de communication sont stockées dans le terminal 1.

Lors de la création d'un premier datagramme 20, le terminal 1 configue la partie d'en-tête BI de ce datagramme. En particulier, il inscrit les adresses IP respectives des terminaux 1 et 10 dans les champs «SOURCE ADDRESS» et «DESTINATION ADDRESS». Il configure aussi la partie d'en- 15 tête BII, en inscrivant les valeurs initiales suivantes dans les différents champs :

- champ OPT. TYPE : 10011001
- champ OPT. LENGTH : 40
- champ FVI : 1
- 20 - champ BVL : 0
- champs du vecteur FFIV : 0, 0,..., 0
- champs du vecteur BFIV : 0, 0,..., 0

Selon le procédé donné ici en exemple, 1 est la valeur initiale de l'index FVI, et 0 est la valeur initiale inscrite dans le champ BVL. 0 est aussi la 25 référence initiale inscrite dans tous les champs des vecteurs FFIV et BFIV. La référence 0 est réservée à la fonction d'initialisation : elle n'est pas utilisée dans les tables de références des routeurs pour identifier une route. Ainsi qu'il apparaîtra dans la suite, l'initialisation à 0 des champs des vecteurs FFIV et BFIV d'un datagramme par un terminal signifie que ce datagramme est soit un 30 datagramme isolé, soit un premier datagramme d'un flux, soit un datagramme ultérieur d'un flux pour lequel le terminal émetteur ne dispose pas de références initiales prédéterminées.

Ces références inscrites dans les champs des vecteurs FFIV et BFIV du datagramme 20, ainsi que les valeurs inscrites dans les champs FVI et BVL du datagramme 20, sont stockées par le terminal 1 avec les données du contexte de session de communication.

5 Le terminal 1 transmet alors le datagramme 20 au routeur 4 (étape B). On suppose que le routeur 4 transmet à son tour le datagramme 20 au routeur 5 (étape C). Lors de cette transmission, le routeur 4 inscrit la valeur 2 dans le champ d'index FVI du datagramme 20, ainsi que la référence 3, donnée à titre d'exemple, dans le premier champ du vecteur FFIV du datagramme 20.

10 Le procédé de transmission du datagramme 20, mis en œuvre au sein de chaque routeur, est maintenant décrit en détail pour le routeur 5. Au cours de ce procédé, le routeur 5 sélectionne une ligne dans sa table FIB (tableau 2). Cette sélection est effectuée en deux étapes successives.

15 Lors d'une première étape de la sélection d'une ligne de la table FIB, le routeur 5 lit l'adresse IP du terminal destinataire du datagramme 20 dans le champ «DESTINATION ADDRESS» de la partie d'en-tête BI. Il isole le préfixe de destination de cette adresse, et le compare aux préfixes de destination contenus dans la première colonne de la table FIB. Selon le procédé de plus grande coïncidence («longest match»), il sélectionne dans la table FIB le plus 20 long préfixe de destination qui correspond à celui de l'adresse IP du terminal destinataire. Dans l'exemple décrit ici, le préfixe de destination sélectionné est noté DP\_7\_10 (tableau 2). Les références contenues dans la colonne «Ref.» de la table FIB aux lignes correspondant au préfixe de destination DP\_7\_10 forment la table de références prise en compte lors de la transmission du 25 datagramme 20. Cette table de références est donc une partie de la table FIB qui correspond au préfixe de destination unique sélectionné DP\_7\_10.

La seconde étape de la sélection d'une ligne de la table FIB est maintenant décrite en référence à la figure 4. Les différentes étapes mentionnées à la figure 4 sont exécutées dans l'unité d'acheminement 5a.

30 Le routeur 5 lit d'abord la valeur inscrite dans le champ d'index FVI du datagramme 20 (étape 30). La valeur lue est 2. Il lit ensuite la référence contenue dans le champ du vecteur FFIV dont la position au sein de ce vecteur

correspond à la valeur lue dans le champ FVI (étape 31). La référence 0 est ainsi lue dans le deuxième champ du vecteur FFIV.

Etant donné que la référence lue est égale à la référence d'initialisation (étape 32a), le routeur 5 est alors autonome pour déterminer la route le long de 5 laquelle il transmet le datagramme.

Il sélectionne, dans la table de références correspondant au préfixe de destination DP\_7\_10, la référence qui correspond à une valeur de taux de charge minimale (étape 33). Dans le cas de la table FIB du tableau 2, la référence 4 correspond à la valeur de taux de charge minimale. Le routeur 5 10 inscrit alors la référence 4 dans le champ du vecteur FFIV désigné par l'index FVI (deuxième champ du vecteur FFIV – étape 34 de la figure 4). Il incrémente ensuite d'une unité la valeur de l'index FVI et inscrit la valeur obtenue dans le champ FVI du datagramme 20 (étape 35). Le datagramme 20 contient alors les valeurs et références indiquées sur la figure 3a, pour l'étape D.

15 La ligne de la table FIB qui correspond au préfixe de destination sélectionné et à la référence 4 est la ligne sélectionnée. Le routeur 5 transmet le datagramme 20 conformément à l'indication de la colonne «Next Hop» pour la ligne sélectionnée. Dans l'exemple décrit, il transmet le datagramme 20 au routeur 6.

20 Les routeurs 6 (étape E de la figure 3b) puis 7 (étape F) transmettent chacun le datagramme 20 en suivant un procédé identique à celui décrit pour le routeur 5. Le terminal 10 reçoit alors le datagramme 20 contenant la valeur d'index FVI et les références, inscrites dans les champs des vecteurs FFIV et BFIV, indiquées à l'étape G, à titre d'exemple. Le terminal 10 stocke les 25 données du contexte de la session de communication du datagramme 20, lues dans la partie d'en-tête BI du datagramme 20. Il stocke aussi, avec ces données, les contenus des champs FVI et BVL, ainsi que ceux des champs des vecteurs FFIV et BFIV. Le terminal 10 lit alors les données contenues dans le champ de données (ou «payload») du datagramme 20.

30 On suppose maintenant que le terminal 10 produit à son tour des données à destination du terminal 1, en réponse aux données véhiculées par le datagramme 20. Les données produites par le terminal 10 sont transmises

dans le cadre de la même session de communication que celle du datagramme 20. Le datagramme 20 appartient donc à un flux-aller relevant de cette session de communication, et de nouveaux datagrammes émis par le terminal 10 appartiennent à un flux-retour de cette session de communication.

5        Le terminal 10 crée un nouveau datagramme 21, en reprenant les données du contexte de session de communication du datagramme 20 (étape H de la figure 3b). Le datagramme 21 possède une structure identique à celle du datagramme 20. Le terminal 10 complète les champs de la partie d'en-tête BI du datagramme 21 de la façon décrite plus haut pour le terminal 1 et le 10 datagramme 20, en échangeant les données relatives aux terminaux émetteur et destinataire. En outre, le terminal 10 récupère, avec les données du contexte de session de communication stockées, les références et valeurs mémorisées lors de la réception du datagramme 20. Il les inscrit dans les champs de la partie d'en-tête BII du datagramme 21, de la façon suivante :

15        - dans les champs successifs du vecteur FFIV du datagramme 21 : les références contenues dans les champs du vecteur BFIV du datagramme 20, selon le même ordre ;

20        - dans les champs successifs du vecteur BFIV du datagramme 21 : les références contenues dans les champs du vecteur FFIV du datagramme 20, selon le même ordre ; et

25        - dans le champ BVL du datagramme 21 : la valeur lue dans le champ FVI du datagramme 20.

De même que le terminal 1 lors de l'émission du datagramme 20, le terminal 10 inscrit la valeur initiale 1 dans le champ d'index FVI du datagramme 21 (étape I).

La transmission du datagramme 21 dans le réseau 100 jusqu'au terminal 1 est effectuée d'une façon analogue à la transmission du datagramme 20 décrite plus haut. Il faut préciser que le datagramme 21 ne transite pas, a priori, par les mêmes routeurs que le datagramme 20, et que les 30 nombres de routeurs par lesquels transite respectivement chacun des datagrammes 20 et 21 sont a priori différents. Sur les figures 3a et 3b, y est le nombre de routeurs par lesquels transite le datagramme 21. Les contenus du

champ BVL et des champs du vecteur BFIV du datagramme 21 sont transportés lors de la transmission du datagramme 21 dans le réseau 100, sans être utilisés. La réception du datagramme 21 par le terminal 1 (étape J de la figure 3a) est effectuée d'une façon identique à la réception du datagramme 5 20 par le terminal 10, décrite ci-dessus. En particulier, les contenus des champs FVI et BVL, ainsi que ceux des vecteurs FFIV et BFIV du datagramme 21, sont stockés par le terminal 1 avec les données du contexte de la session de communication. Les références inscrites dans les champs du vecteur BFIV du datagramme 21 du flux-retour, et la valeur inscrite dans le champ BVL du 10 15 datagramme 21, sont alors stockées dans chacun des deux terminaux 1 et 10. Ainsi, les références inscrites par les routeurs dans les champs du vecteur FFIV du datagramme 20, de même que la dernière valeur inscrite dans le champ d'index FVI du datagramme 20, i.e. la valeur inscrite par le routeur 7, sont stockées dans les deux terminaux 1 et 10 avec les données du contexte 15 de la session de communication.

Le procédé décrit maintenant s'applique à la situation selon laquelle le terminal 1 produit de nouvelles données à destination du terminal 10, en réponse aux données véhiculées par le datagramme 21. Le terminal 1 crée alors un datagramme 22, selon la procédure déjà décrite, en reprenant les 20 données du contexte de session de communication stockées (étape K de la figure 3a). Le datagramme 22 appartient au même flux-aller relevant de cette session de communication que le datagramme 20.

Le terminal 1 inscrit, dans le champ FVI du datagramme 22, la valeur initiale 1, et, dans le champ BVL du datagramme 22, la valeur y d'index FVI lue 25 dans le datagramme 21 lors de la réception de ce dernier par le terminal 1. Il inscrit aussi, dans les champs du vecteur FFIV du datagramme 22, les références lues dans les champs du vecteur BFIV du datagramme 21. De même, il inscrit dans les champs du vecteur BFIV du datagramme 22, les références lues dans les champs du vecteur FFIV du datagramme 21. Les 30 valeurs et références ainsi obtenues pour les champs du datagramme 22 sont indiqués à l'étape L de la figure 3a.

Autrement dit, lorsqu'un datagramme appartient à un flux-aller de datagrammes successivement transmis par un terminal émetteur à un terminal récepteur, ledit flux-aller relevant d'une session de communication, les champs du vecteur BFIV dudit datagramme sont destinés à recevoir des références 5 inscrites dans les champs d'un vecteur FFIV d'un datagramme d'un flux-retour relevant de ladite session de communication, transmis par le terminal récepteur des datagrammes du flux-aller, et reçu par le terminal émetteur des datagrammes du flux-aller avant la transmission dudit datagramme du flux-aller. De même, le champ BVL dudit datagramme du flux-aller est destiné à 10 recevoir la dernière valeur inscrite dans le champ FVI dudit datagramme du flux-retour.

On suppose que le datagramme 22 est transmis au routeur 4 par le terminal 1, puis au routeur 5 par le routeur 4 (étape M), de la même façon que le datagramme 20. Lorsque le datagramme 22 est transmis par le routeur 4, 15 celui-ci incrémenté à 2 la valeur de l'index FVI. Le routeur 4 laisse en outre la référence 3 inscrite dans le premier champ du vecteur FFIV du datagramme 22.

La description du procédé de transmission d'un datagramme par un routeur du réseau 100 est complétée maintenant, dans le cas du datagramme 20 22 transmis par le routeur 5.

La première étape de la sélection d'une ligne de la table FIB est identique à celle décrite pour la transmission du datagramme 20.

Lors de la seconde étape de la sélection d'une ligne de la table FIB, le routeur 5 analyse le vecteur FFIV du datagramme 22 conformément au 25 procédé de la figure 4. Il lit la référence indiquée par l'index FVI (étapes 30 et 31). La référence lue est 4, conformément à l'inscription qu'avait opérée le routeur 5 dans le datagramme 20, lors l'étape D de la transmission de ce dernier. Cette référence lue étant différente de la référence d'initialisation 0 des champs de vecteurs (étape 32a), le routeur 5 examine si la table de références 30 déterminée lors de la première étape de sélection d'une ligne de la table FIB contient la référence 4 (étape 32b). Deux situations peuvent alors se présenter : selon une première situation, la table de références contient encore

la référence 4, et selon une seconde situation, elle ne contient plus la référence 4.

La première situation intervient, notamment, lorsque la table FIB du routeur 5 n'a pas été modifiée entre les transmissions respectives des 5 datagrammes 20 et 22. Elle intervient aussi si la référence 4 a été maintenue dans la table FIB pour le préfixe de destination DP\_7\_10 lors des mises à jour de la table FIB survenues entre les transmissions des datagrammes 20 et 22. Dans ce cas, conformément au diagramme de la figure 4, le vecteur FFIV n'est 10 pas modifié par le routeur 5, l'index FVI est incrémenté (étape 35), et le routeur 5 transmet le datagramme 22 au routeur 6 (étape 36). Les transmissions des datagrammes 20 et 22 par le routeur 5 sont alors identiques.

La seconde situation se produit lorsqu'une mise à jour de la table FIB du routeur 5 est survenue entre la transmission du datagramme 20 et celle du datagramme 22. On suppose, pour l'exemple, que la mise à jour n'a consisté, 15 en ce qui concerne les routes reliant le routeur 5 au terminal 10, qu'à la suppression de la ligne du tableau 2 correspondant au préfixe de destination DP\_7\_10 et à la référence 4. A l'issue de la première étape de sélection d'une ligne de la table FIB, le routeur 5 a sélectionné dans sa table FIB les deux lignes correspondant au préfixe de destination DP\_7\_10. Ces deux lignes 20 constituent la nouvelle table de références considérée. La première de ces deux lignes correspond à la référence de route 1, et la valeur de taux de charge indiquée est 70%. La seconde de ces deux lignes correspond à la référence de route 6, et la valeur de taux de charge indiquée est 20%. Le routeur 5 sélectionne celle de ces deux références pour laquelle la route 25 présente la valeur minimale de taux de charge (étapes 32b et 33) : la référence 6. Il inscrit alors cette référence dans le deuxième champ du vecteur FFIV du datagramme 22 (étape 34). De la même façon que précédemment, il 30 incrémente l'index FVI du datagramme 22 (étape 35). Enfin, il transmet le datagramme 22 selon l'indication de la colonne «Next Hop» de la table FIB pour la ligne correspondant au préfixe de destination DP\_7\_10 et à la référence 6 (étape 36). Dans l'exemple présent, le routeur 5 transmet le datagramme 22 au routeur 9. Les étapes N et O des figures 3a et 3b illustrent 35 la seconde situation qui vient d'être décrite. x est une référence inscrite par le

routeur 9.

A la réception du datagramme 22 par le terminal 10, le terminal 10 actualise les valeurs et références stockées avec les données du contexte de la session de communication. A l'issue de cette actualisation, les références inscrites dans les champs du vecteur FFIV du datagramme 21, recopiées dans les champs du vecteur BFIV du datagramme 22 par le terminal 1, sont stockées dans les deux terminaux 1 et 10. Il en est de même pour la dernière valeur inscrite dans le champ d'index FVI du datagramme 21.

Il ressort de la description ci-dessus que l'association des procédés de marquage et de transmission d'un datagramme selon l'invention procure les avantages suivants :

- lorsqu'un nouveau datagramme appartient à un flux pour lequel des datagrammes ont déjà été transmis, l'utilisation d'une route suivie par un datagramme antérieur du même flux est privilégiée pour le nouveau datagramme ;
- lorsque la route utilisée pour le datagramme antérieur du flux n'est plus disponible, le nouveau datagramme est transmis selon une nouvelle route ; et
- la nouvelle route est déterminée de façon à répartir les flux de datagrammes entre différents liens de transmission du réseau selon leurs degrés de disponibilité.

Cette association combine une transmission par sauts élémentaires indépendants («hop by hop») et une réduction du risque de congestion du réseau. Un fonctionnement stable du réseau en résulte.

Il est entendu que des variantes peuvent être introduites par rapport au mode de mise en œuvre de l'invention qui a été décrit ci-dessus. En particulier, dans la figure 4, les étapes 32a et 32b peuvent être regroupées en une étape unique, correspondant au même test que celui de l'étape 32b.

Enfin, dans des modes de mise en œuvre particuliers de l'invention, des références inscrites dans un champ du vecteur FFIV ou du vecteur BFIV d'un datagramme, de même qu'une valeur inscrite dans le champ FVI ou BVL d'un datagramme, peuvent n'être stockées que dans l'un des deux terminaux

- 24 -

émetteur ou destinataire de ce datagramme. Une telle mise en œuvre peut, notamment, concerner un datagramme appartenant à un flux-retour.

## RE V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de marquage d'un datagramme (20, 22) transmis dans un réseau de communication (100) comprenant des routeurs (4-9) connectés entre eux par des liens de transmission, à partir d'un terminal émetteur du datagramme (1) raccordé à un premier routeur du réseau (4) jusqu'à un terminal récepteur du datagramme (10) raccordé à un second routeur du réseau (7), le datagramme comprenant un vecteur (FFIV) formé de champs ordonnés contenant chacun une référence, le datagramme comprenant en outre un champ d'index de vecteur (FVI), chaque routeur disposant d'une table de références, le procédé comprenant les étapes suivantes, lorsqu'un routeur (5) reçoit le datagramme :

- lecture d'une valeur dans le champ d'index (FVI) du datagramme,
- lecture de la référence contenue dans le champ du vecteur du datagramme (FFIV) désigné par la valeur d'index lue ;
- 15 - si la table du routeur ne contient pas la référence lue, inscription, dans le champ du vecteur du datagramme désigné par la valeur d'index lue, d'une référence sélectionnée dans la table du routeur ;
- inscription, dans le champ d'index du datagramme, d'une valeur égale à la valeur lue incrémentée d'une unité ; et
- 20 - transmission du datagramme à un routeur suivant du réseau.

2. Procédé de marquage selon la revendication 1, suivant lequel les champs du vecteur (FFIV) et le champ d'index (FVI) sont disposés dans l'en-tête du datagramme.

3. Procédé de marquage selon la revendication 1 ou 2, suivant lequel les références contenues dans la table du routeur (5) sont associées à des routes respectives dans le réseau (100).

4. Procédé de marquage selon la revendication 3, suivant lequel la table de références du routeur (5) est une partie d'une table de routage dudit

routeur, ladite partie correspondant à un préfixe de destination unique contenu dans la table de routage.

5. Procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, suivant lequel le datagramme (22) appartient à un flux de datagrammes 5 successivement transmis par le terminal émetteur (1) au terminal récepteur (10), et suivant lequel la référence lue est identique à une référence inscrite par ledit routeur (5) lors de la transmission d'un datagramme antérieur dudit flux (20).

10. 6. Procédé de marquage selon la revendication 5, suivant lequel une référence initiale est inscrite dans chaque champ du vecteur (FFIV) d'un premier datagramme du flux (20) par le terminal émetteur (1), la référence initiale ne correspondant à aucune référence contenue dans les tables de références des routeurs.

15. 7. Procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications précédentes, suivant lequel le datagramme (22) appartient à un flux-aller de datagrammes successivement transmis par le terminal émetteur (1) au terminal récepteur (10), ledit flux-aller relevant d'une session de communication, et suivant lequel ledit datagramme (22) comprend en outre un vecteur supplémentaire (BFIV) formés de champs destinés à recevoir des références 20 inscrites dans les champs d'un vecteur (FFIV) d'un datagramme d'un flux-retour (21) relevant de ladite session de communication, transmis par le terminal récepteur des datagrammes du flux-aller (10), et reçu par le terminal émetteur des datagrammes du flux-aller (1) avant la transmission dudit datagramme du flux-aller (22).

25. 8. Procédé de marquage selon la revendication 7, suivant lequel les références inscrites dans les champs du vecteur (FFIV) du datagramme du flux-retour (21) sont stockées avec des données de contexte de la session de communication dans l'un au moins des deux terminaux (1, 10).

9. Procédé de marquage selon la revendication 7 ou 8, suivant lequel les champs du vecteur supplémentaire (BFIV) sont disposés dans l'en-tête dudit datagramme du flux-aller (22).

10. Procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications 7  
5 à 9, suivant lequel des références initiales sont inscrites par le terminal émetteur (1) dans les champs du vecteur (FFIV) dudit datagramme du flux-aller (22), lesdites références initiales étant respectivement identiques à des références contenues dans des champs d'un vecteur supplémentaire (BFIV) du datagramme du flux-retour (21).

10 11. Procédé de marquage selon la revendication 10, suivant lequel les références inscrites dans les champs du vecteur supplémentaire (BFIV) du datagramme du flux-retour (21) sont stockées avec des données de contexte de la session de communication dans l'un au moins des deux terminaux (1, 10).

15 12. Procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, suivant lequel ledit datagramme du flux-aller (22) comprend en outre un champ de longueur de vecteur (BVL) destiné à recevoir la dernière valeur inscrite dans le champ d'index (FVI) du datagramme du flux-retour (21).

20 13. Procédé de marquage selon la revendication 12, suivant lequel la dernière valeur inscrite dans le champ d'index (FVI) du datagramme du flux-retour (21) est stockée avec des données de contexte de la session de communication dans l'un au moins des deux terminaux (1, 10).

25 14. Procédé de marquage selon la revendication 12 ou 13, suivant lequel le champ de longueur de vecteur (BVL) est disposé dans l'en-tête dudit datagramme du flux-aller (22).

30 15. Procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, suivant lequel une valeur inscrite dans un champ de longueur de vecteur (BVL) du datagramme du flux-retour (21) est stockée avec des données de contexte de la session de communication dans l'un au moins des deux terminaux (1, 10).

16. Procédé de transmission d'un datagramme (20, 22) par un routeur (5) d'un réseau de communication (100), le routeur disposant d'une table de références associées à des routes respectives entre ledit routeur et un terminal destinataire du datagramme (10) raccordé au réseau, le procédé de 5 transmission comprenant les étapes suivantes :

- lors de la réception du datagramme par le routeur, lecture d'une référence dans le datagramme ; et
- recherche de la référence lue dans la table de références du routeur,
  - . si la table contient la référence lue, transmission du datagramme le long de la route à laquelle la référence lue est associée,
  - . sinon, sélection d'une référence dans la table, et transmission du datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence sélectionnée ;

10 procédé selon lequel la référence lue a été inscrite préalablement dans le 15 datagramme en utilisant un procédé de marquage selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.

17. Procédé de transmission selon la revendication 16, suivant lequel la référence sélectionnée dans la table de références du routeur est en outre inscrite dans ledit datagramme (20, 22) en utilisant un procédé de marquage 20 selon l'une quelconque des revendications 1 à 15.

18. Procédé de transmission selon la revendication 16 ou 17, suivant lequel la table de références est associée à un préfixe de destination unique contenu dans une table de routage dudit routeur (5).

19. Procédé de transmission selon la revendication 18, comprenant les 25 étapes suivantes effectuées lors de la réception du datagramme par le routeur (5) avant la recherche de la référence lue dans la table de références dudit routeur :

- lecture d'une adresse de destination dans le datagramme ; et
- sélection dans la table de routage dudit routeur du plus long préfixe de 30 destination correspondant à l'adresse de destination lue,

la table de références dudit routeur dans laquelle la référence lue dans le datagramme est ensuite recherchée étant associée au préfixe de destination sélectionné.

20. Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 5 16 à 19, suivant lequel la table de références comprend en outre, pour chaque référence de ladite table, une valeur de taux de charge affectée à la route à laquelle est associée ladite référence, et suivant lequel la référence sélectionnée correspond à une valeur de taux de charge minimale parmi les routes auxquelles sont associées des références contenues dans ladite table 10 de références.

21. Terminal (1, 10) comprenant :

- des moyens de production d'un datagramme destiné à être émis par le terminal (20-22), le datagramme comprenant un vecteur de champs ordonnés (FFIV) et un champ d'index de vecteur (FVI) ;
- 15 - des moyens d'inscription d'une référence initiale dans chaque champ du vecteur (FFIV) du datagramme destiné à être émis par le terminal ; et
- des moyens d'inscription d'une valeur initiale dans le champ d'index (FVI) du datagramme destiné à être émis par le terminal.

22. Terminal selon la revendication 21, comprenant en outre :

- 20 - des moyens de lecture de secondes références dans des champs d'un vecteur supplémentaire (BFIV) contenus dans un datagramme reçu (21) par le terminal ; et
- des moyens de stockage, dans une table de contextes de sessions de communication dudit terminal, des secondes références avec des données de contexte de session de communication du datagramme 25 reçu,

dans lequel la référence initiale inscrite dans chaque champ du vecteur (FFIV) du datagramme destiné à être émis par le terminal (21, 22) est une dite seconde référence lue dans un champ du vecteur supplémentaire (BFIV) du

datagramme reçu (20, 21), lorsque le datagramme destiné à être émis appartient à la session de communication du datagramme reçu.

23. Terminal selon la revendication 22, dans lequel les moyens de production du datagramme destiné à être émis (21, 22) sont adaptés de sorte 5 que le datagramme destiné à être émis comprend en outre un vecteur supplémentaire (BFIV) de champs, le terminal comprenant en outre :

- des moyens de lecture de premières références dans des champs d'un vecteur (FFIV) contenus dans le datagramme reçu (20, 21) ;
- des moyens de stockage, dans la table de contextes de sessions de 10 communication dudit terminal, desdites premières références avec les données de contexte de session de communication du datagramme reçu ; et
- des moyens d'inscription desdites premières références dans les 15 champs du vecteur supplémentaire (BFIV) du datagramme destiné à être émis par le terminal (21, 22), lorsque le datagramme destiné à être émis appartient à la session de communication du datagramme reçu.

24. Terminal selon la revendication 23, dans lequel les moyens de production du datagramme destiné à être émis (21, 22) sont aussi adaptés de sorte que le datagramme destiné à être émis comprend en outre un champ de 20 longueur de vecteur (BVL), le terminal comprenant en outre :

- des moyens de lecture d'une valeur dans un champ d'index de vecteur (FVI) contenu dans le datagramme reçu (20, 21) ;
- des moyens de stockage, dans la table de contextes de sessions de communication dudit terminal, de la valeur d'index lue avec les 25 données de contexte de session de communication du datagramme reçu ; et
- des moyens d'inscription de la valeur d'index lue dans le champ de longueur de vecteur (BVL) du datagramme destiné à être émis par le terminal (21, 22), lorsque le datagramme destiné à être émis appartient 30 à la session de communication du datagramme reçu.

25.       Routeur (5) comprenant :

- des moyens de lecture d'une valeur dans un champ d'index de vecteur (FVI) d'un datagramme reçu (20, 22) par le routeur ;
- des moyens de lecture d'une référence contenue dans un champ de vecteur (FFIV) dudit datagramme désigné par la valeur d'index lue ;
- des moyens de stockage d'une table de références ;
- des moyens d'association des références contenues dans la table avec des routes respectives ;
- des moyens de recherche d'une référence lue, dans la table de références dudit routeur, agencés pour commander une transmission dudit datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence lue, si la table de références contient la référence lue ;
- des moyens de sélection d'une référence dans la table de références, agencés pour être activés si la table de références ne contient pas la référence lue, et agencés pour commander une transmission dudit datagramme le long de la route à laquelle est associée la référence sélectionnée ; et
- des moyens d'inscription, dans le champ d'index dudit datagramme (FVI), d'une valeur égale à la valeur lue incrémentée d'une unité.

20       26.       Routeur selon la revendication 25, comprenant en outre des moyens d'inscription de la référence sélectionnée dans le champ de vecteur (FFIV) dudit datagramme désigné par la valeur d'index lue.

25       27.       Routeur selon la revendication 25 ou 26, dans lequel les moyens d'association sont compris dans des moyens de calcul d'une table de routage dudit routeur, lesdits moyens de calcul appartenant à une unité de contrôle dudit routeur (5b).

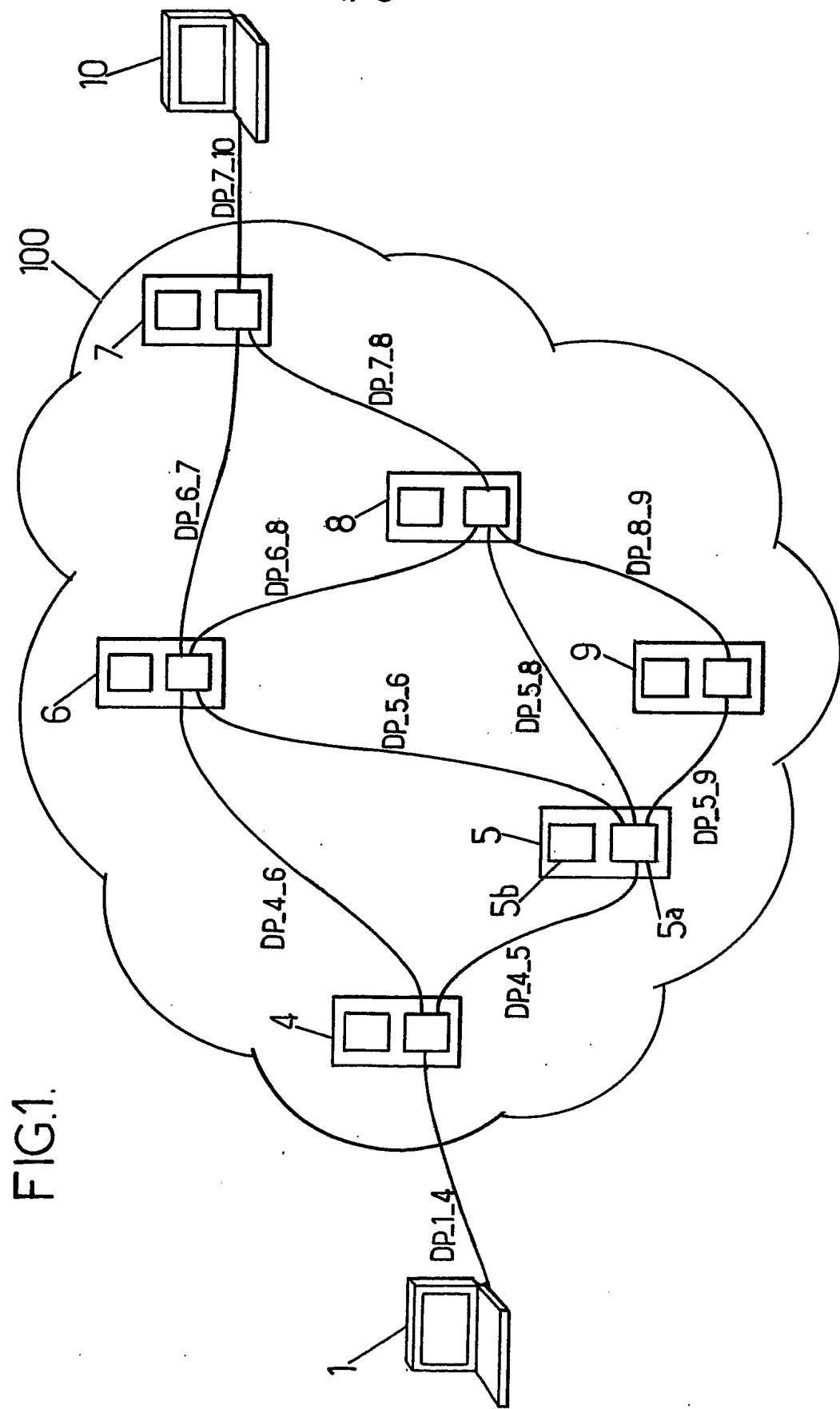
28.       Routeur selon la revendication 27, dans lequel les moyens d'association sont agencés en outre pour associer une table de références à

un préfixe de destination unique contenu dans la table de routage dudit routeur (5).

29. Routeur selon la revendication 28, dans lequel la table de références dudit routeur comprend, pour chaque référence de ladite table, une valeur de taux de charge affectée à la route à laquelle est associée ladite référence, et dans lequel les moyens de sélection d'une référence sont agencés pour sélectionner la référence pour laquelle la route correspond à une valeur de taux de charge minimale.

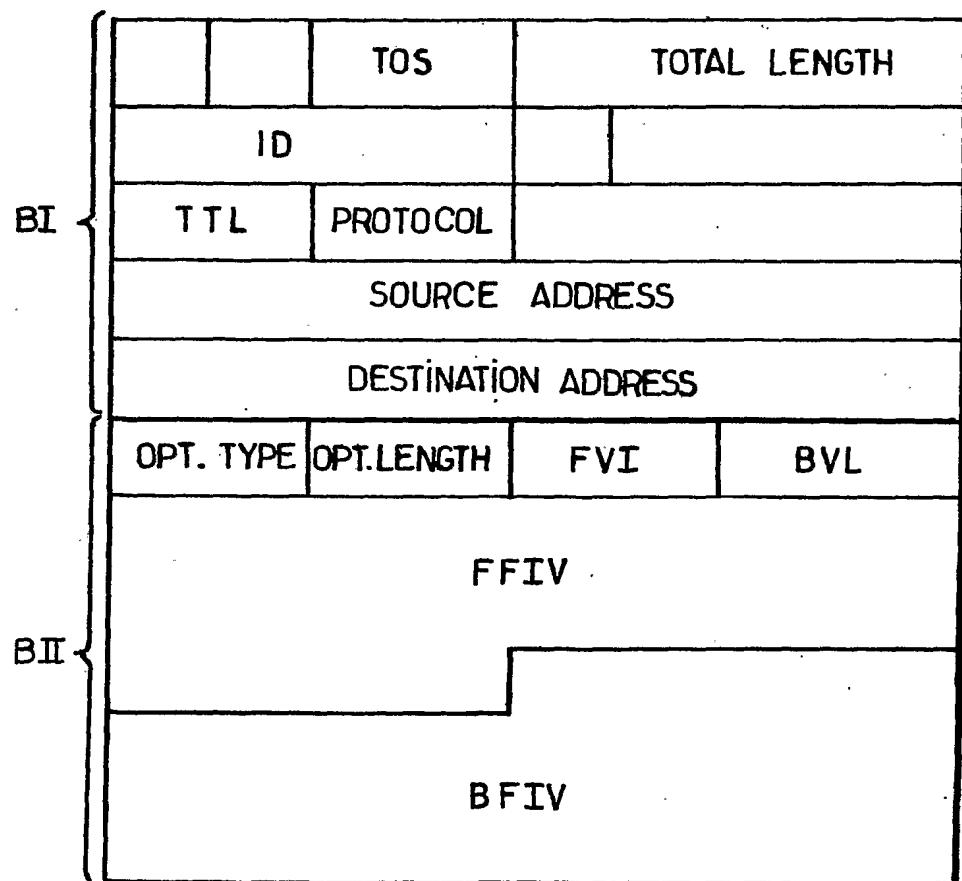
30. Réseau de communication comprenant un routeur (5) selon l'une 10 quelconque des revendications 25 à 29.

1/5



2/5

FIG.2.



3/5

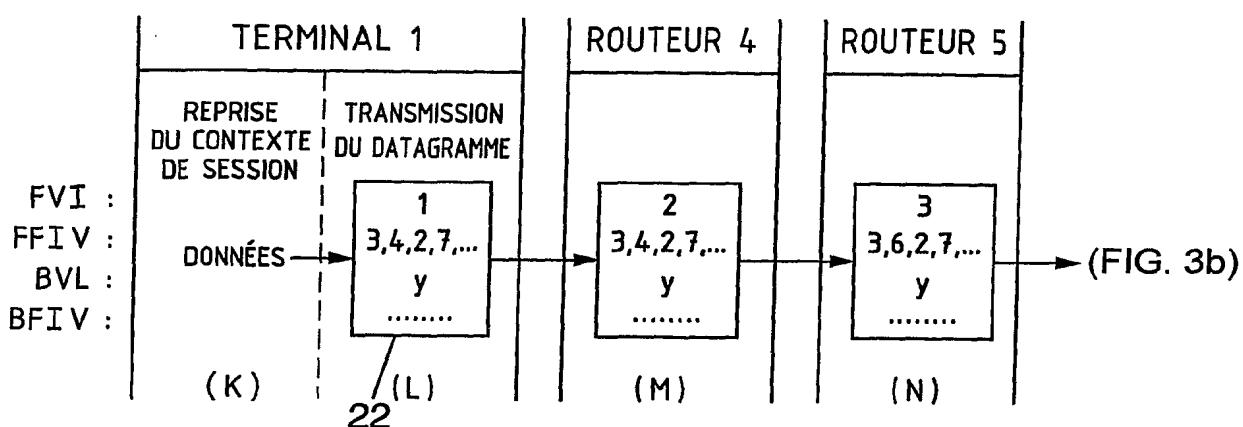
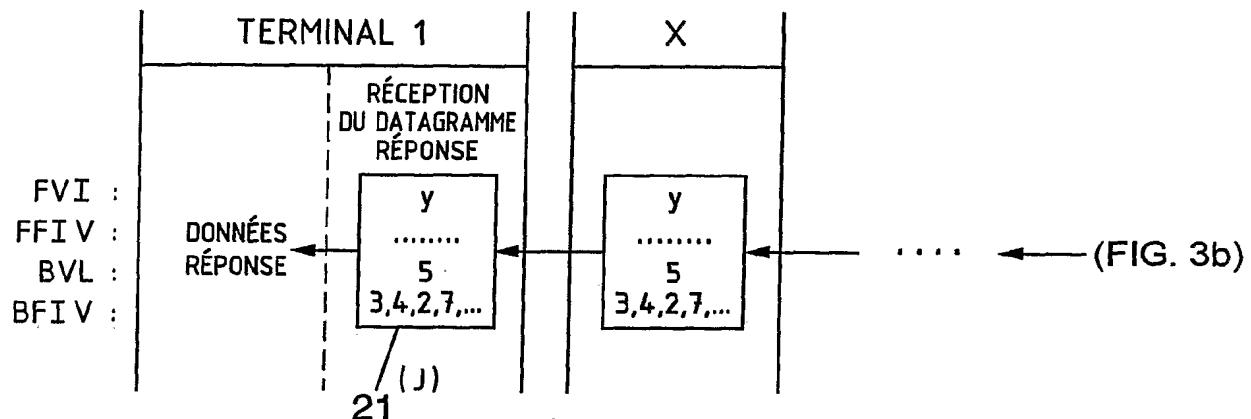
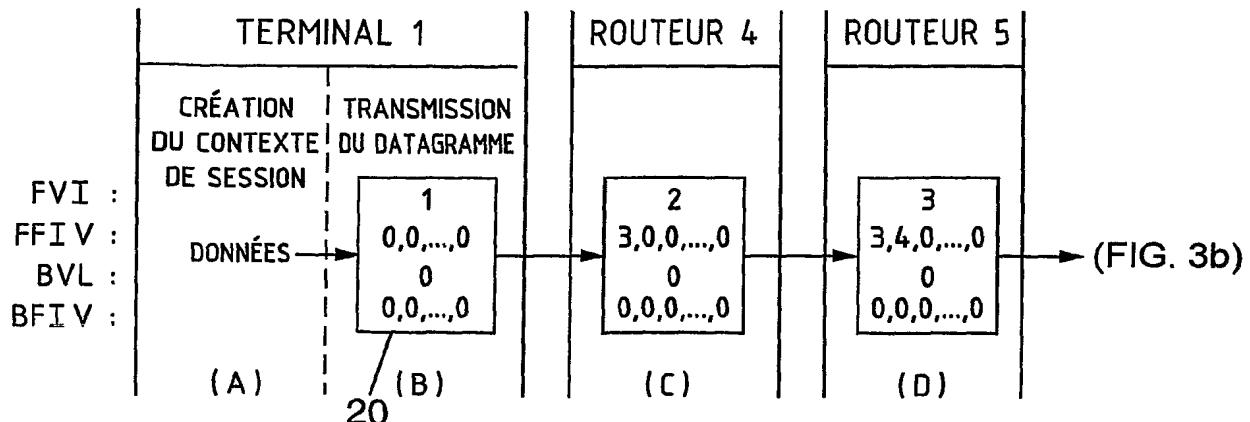


FIG. 3a

4/5

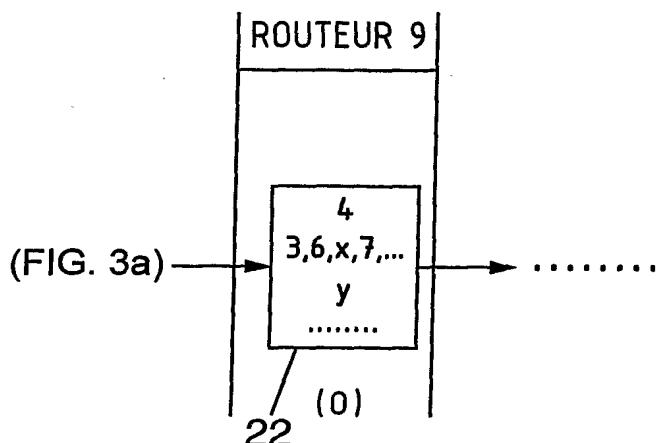
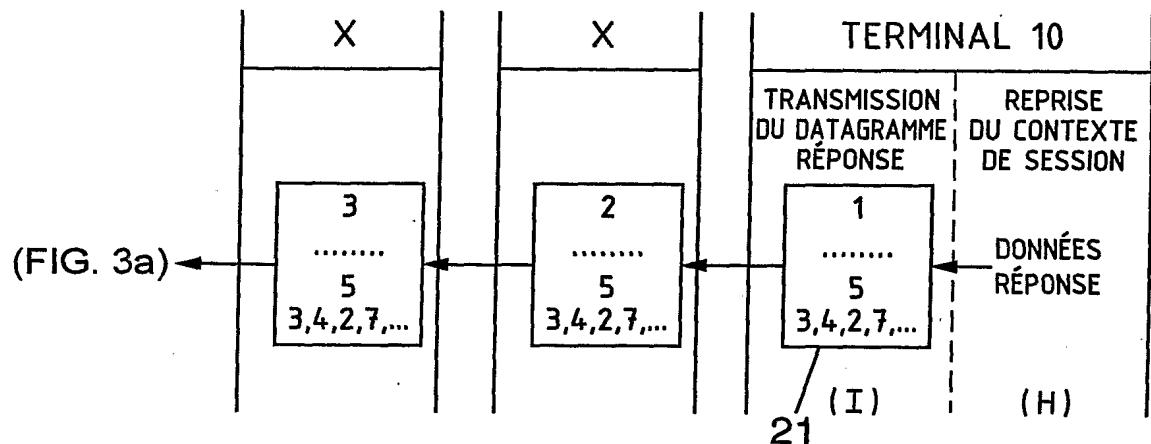
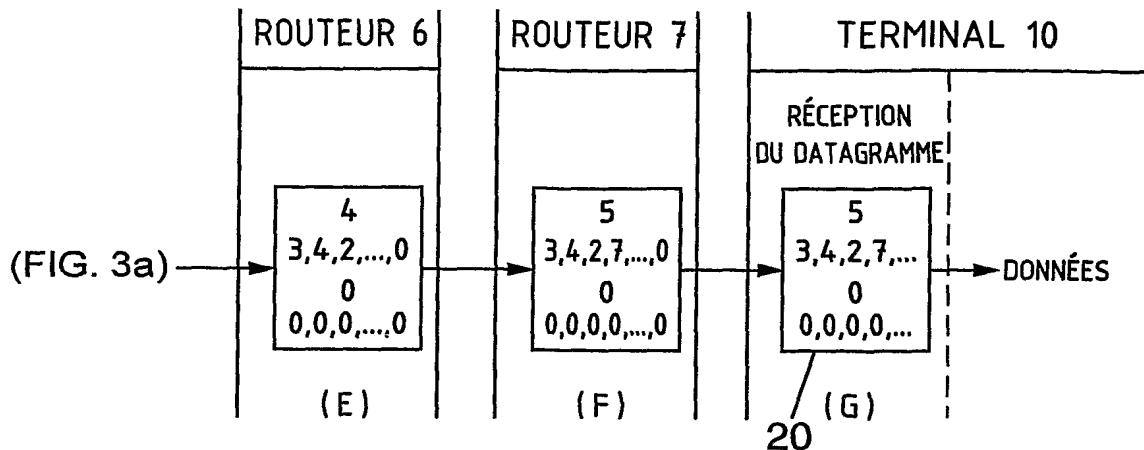


FIG. 3b

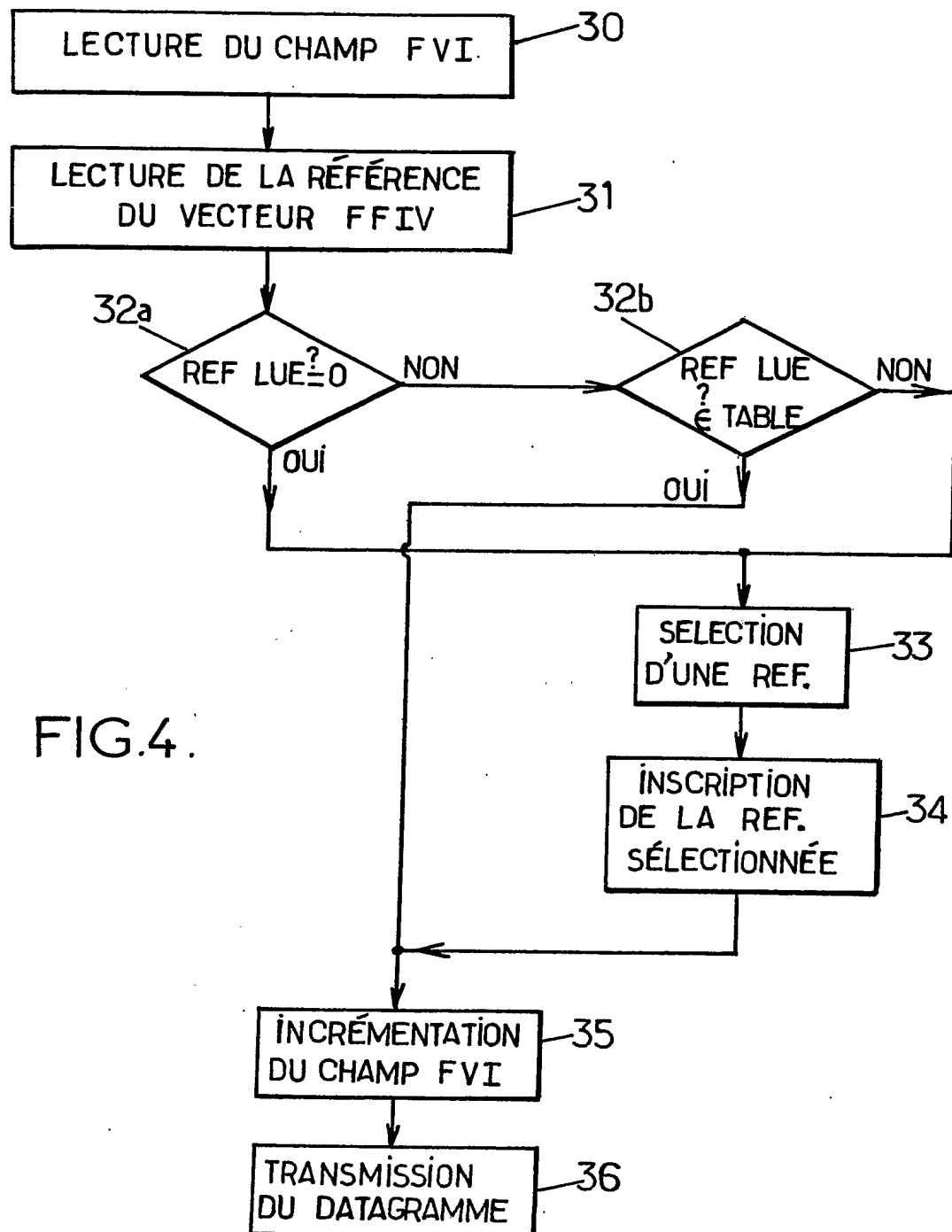


FIG.4.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int	Application No
PCT/FR2004/003157	

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>AWDUCHE ET AL: "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels" IETF NETWORK WORKING GROUP RFC 3209, December 2001 (2001-12), XP015008988 paragraph '4.4.3.PROCESSING.RRO! paragraph '4.4.RECORD.ROUTE.OBJECT! paragraph '4.4.4.LOOP.DETECTION!</p> <p>-----</p> <p>ROSEN ET AL.: "Multiprotocol Label switching Architecture RFC3031" IETF NETWORK WORKING GROUP RFC3031, January 2001 (2001-01), XP015008814 page 4, paragraph AVANT.DERNIER page 5, paragraph AVANT.DERNIER paragraph '3.9.THE.LABEL.STACK! page 17, paragraph 5.B paragraph '3.27.4.HIERARCHY.LSP.TUNNELS.WITHIN.LSP!</p> <p>-----</p> <p>-/-</p>	1-6,21, 25-28,30
Y		1-6,21, 25-28,30

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 March 2005

Date of mailing of the international search report

12/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lefebvre, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte

Application No

PCT/FR2004/003157

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ACHARYA, GRIFFOUL, ANSARI: "IP multicast Support in MLPS networks" IETF NETWORK WORKING GROUP DRAFT, 23 February 1999 (1999-02-23), XP002289485 paragraph '4.1.ASSUMPTIONS! implicit label distribution paragraph '4.2.1.LABEL.ASSIGNEMENT! -----	1-6,21, 25-28,30
A	STOICA, ZHANG, VENKITARAMAN, MYSORE: "Per Hop Behaviors Based on Dynamic Packet State" IETF DRAFT, October 2002 (2002-10), XP002289486 abstract paragraph '4.CARRYING.STATE.NI.PACKETS! -----	1,16,21, 25,30
A	CLERGET A ET AL: "TUF : tag-based unified fairness" PROCEEDINGS IEEE INFOCOM 2001. THE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATIONS. 20TH. ANNUAL JOINT CONFERENCE OF THE IEEE COMPUTER AND COMMUNICATIONS SOCIETIES. ANCHORAGE, AK, APRIL 22 - 26, 2001, PROCEEDINGS IEEE INFOCOM. THE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNI, vol. VOL. 1 OF 3. CONF. 20, 22 April 2001 (2001-04-22), pages 498-507, XP010538731 ISBN: 0-7803-7016-3 paragraph 'C.OVERVIEW!; figure 12 -----	1,16,21, 25,30

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den Internationale No  
PCT/FR2004/003157

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H04L12/56

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H04L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	AWDUCHE ET AL: "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels" IETF NETWORK WORKING GROUP RFC 3209, décembre 2001 (2001-12), XP015008988 alinéa '4.4.3.PROCESSING.RRO! alinéa '4.4.RECORD.ROUTE.OBJECT! alinéa '4.4.4.LOOP.DETECTION! ----- ROSEN ET AL.: "Multiprotocol Label switching Architecture RFC3031" IETF NETWORK WORKING GROUP RFC3031, janvier 2001 (2001-01), XP015008814 page 4, alinéa AVANT.DERNIER page 5, alinéa AVANT.DERNIER alinéa '3.9.THE.LABEL.STACK! page 17, alinéa 5.B alinéa '3.27.4.HIERARCHY.LSP.TUNNELS.WITHIN.LSP! ----- -/-	1-6,21, 25-28,30
Y		1-6,21, 25-28,30

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 mars 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Lefebvre, L

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De

ernationale No

PCT/FR2004/003157

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	ACHARYA, GRIFFOUL, ANSARI: "IP multicast Support in MLPS networks" IETF NETWORK WORKING GROUP DRAFT, 23 février 1999 (1999-02-23), XP002289485 alinéa '4.1.ASSUMPTIONS! implicit label distribution alinéa '4.2.1.LABEL.ASSIGNEMENT! -----	1-6,21, 25-28,30
A	STOICA, ZHANG, VENKITARAMAN, MYSORE: "Per Hop Behaviors Based on Dynamic Packet State" IETF DRAFT, octobre 2002 (2002-10), XP002289486 abrégé alinéa '4.CARRYING.STATE.NI.PACKETS! -----	1,16,21, 25,30
A	CLERGET A ET AL: "TUF : tag-based unified fairness" PROCEEDINGS IEEE INFOCOM 2001. THE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATIONS. 20TH. ANNUAL JOINT CONFERENCE OF THE IEEE COMPUTER AND COMMUNICATIONS SOCIETIES. ANCHORAGE, AK, APRIL 22 - 26, 2001, PROCEEDINGS IEEE INFOCOM. THE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNI, vol. VOL. 1 OF 3. CONF. 20, 22 avril 2001 (2001-04-22), pages 498-507, XP010538731 ISBN: 0-7803-7016-3 alinéa 'C.OVERVIEW!; figure 12 -----	1,16,21, 25,30